

XXXIV Encuentro Arquisur.
XIX Congreso: “CIUDADES VULNERABLES. Proyecto o incertidumbre ”

La Plata 16, 17 y 18 de septiembre.
Facultad de Arquitectura y Urbanismo – Universidad Nacional de La Plata

EJE: Investigación
Área 2 – TECNOLOGÍA

VULNERABILIDAD SÍSMICA DE LAS VIVIENDAS Y LOS PROCESOS EDIFICATORIOS

**Arq. Yonny Chávez Perea ⁽¹⁾,
M.Sc. Arq. Jorge Villegas Abril,
Arq. Maria Alejandra Malma Cordero,
Arq. Narda Castillo Castillo**

CURSO EDIFICACIONES (CONSTRUCCIÓN), ESCUELA PROFECIONAL DE ARQUITECTURA Y
URBANISMO, UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO- AV. FLORAL S/N CIUDAD
UNIVERSITARIA – PUNO, PERU
yochape@hotmail.com⁽¹⁾

PALABRAS CLAVE: VULNERABILIDAD SÍSMICA, PROCESOS DE EDIFICACIÓN EN LAS VIVIENDAS

ANTECEDENTES.- En Perú, como en otros países de América se producen movimientos sísmicos casi permanentemente, la magnitud varia, desde leves movimientos hasta los que se convierten en terremotos devastadores, que dejan a su paso muerte, destrucción e incalculables pérdidas económicas, sociales, culturales, traumas psicológicos, entre otros. Ejemplo de ello el terremoto de 7,9 grados en la escala de Richter del 15 de agosto del 2007, que golpeó la costa peruana, según el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) reporta que se han registrado 58,581 viviendas destruidas y 13,585 viviendas afectadas en las regiones de Ica, Lima, Junín y Huancavelica. Asimismo reporta 519 muertos de los cuales 338 se reportaron en Pisco; adicionalmente informa de 1,366 heridos. El Ministerio Público reporta 42 desaparecidos en Pisco. Informaciones extraoficiales han señalado que el sismo ha dejado al menos 1.500 heridos y 58,581 damnificados (MINISTERIO DE SALUD, 2007) El sábado 27 de febrero de 2010 Chile se vio sorprendido por un sismo que alcanzó una magnitud de 8,8 grados en la escala de Richter El sismo causó 521 muertes, el terremoto y el tsunami destruyeron 200 mil viviendas y dejó 2 millones de damnificados (MINISTERIO DESARROLLO SOCIAL. 2010)

La ciudad de Puno se encuentra ubicada según el Reglamento Nacional de Edificaciones en la Zona sísmica II, lo que implica que sus edificaciones están expuestas a un riesgos latente de sufrir daños estructurales ante un eventual sismo. El grado de vulnerabilidad se agravaría si se demuestra que la participación de los recursos humanos calificados en Procesos Edificatorios de las viviendas es reducida, se ha establecido que el 70% de los m² construidos en el Perú son informales (Sota Nadal, 2010).

Los parámetros de edificación con fines antisísmicos están claramente establecidos en el título IV de Reglamento Nacional de Edificaciones (MINISTERIO DESARROLLO SOCIAL. 2010).

Luego de ocurrida una eventualidad como un sismo se ejecutan estudios que dan cuenta de los aspectos técnicos propios de la edificación, que muestran las razones, por las cuales

una edificación ha colapsado o ha sufrido daños de relevancia estructural (Ministerio de Vivienda Construcción, 2006.)

Los resultados de estas investigaciones contemplan los aspectos cuantitativos pero no han incluido en sus estudios los aspectos cualitativos que han dado lugar a las fallas estructurales. Los aspectos cualitativos como son la calidad en mano de obra, la participación de profesionales en la concepción y ejecución de los proyectos de edificación son identificados pero no han sido estudiados.

OBJETIVOS.- Los objetivos que guían la investigación son:

- Determinar el grado de informalidad y formalidad en el proceso edificatorio de las viviendas en la ciudad de Puno – Perú.
- Establecer una zonificación de la ciudad de Puno, en función al grado de informalidad y formalidad en el proceso edificatorio de las viviendas de la ciudad de Puno.
- Determinar el grado de vulnerabilidad sísmica en función a los anteriores objetivos.

La metodología planteada consistió en la recolección de datos por medio de encuestas en una población constituida por viviendas unifamiliares o multifamiliares, que no correspondan a programas de vivienda de interés social.

Cabe en este punto establecer dos definiciones: **PROCESO EDIFICATORIO INFORMAL** como el acto de construir una vivienda sin cumplir los requisitos exigidos en las leyes y reglamentos de competencia o faltar a alguno de ellos desde la concepción hasta la ejecución de la obra y **PROCESO EDIFICATORIO FORMAL** aquella edificación que ha cumplido todos los requisitos establecidos en las leyes y reglamentos respectivos.

JUSTIFICACION.- La investigación planteada sustenta su pertinencia en la necesidad de conocer el grado de vulnerabilidad en que se encuentran las edificaciones de la ciudad de Puno, para tomar medidas de precaución y mitigación en caso de que ocurriese una emergencia producida por un sismo. Dado que la ciudad de Puno se encuentra ubicada en una zona de riesgo intermedia según el instituto geográfico del país.

La investigación también es de utilidad para los estudios de la arquitectura en su aspecto constructivo que son realizados en las asignaturas de Edificaciones Arquitectónicas I, II, III, de la Escuela Profesional de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Nacional del Altiplano.

MATERIALES Y MÉTODOS.- La muestra en estudio estuvo constituida por propietarios de viviendas unifamiliares o multifamiliares que no correspondían a programas de vivienda de interés social en el área urbana de la ciudad de Puno. La muestra encuestada fue de un total de 3000 propietarios, Se realizó una distribución muestral debido a que en el área urbana central hay menos construcciones nuevas y además es menor el uso de suelo residencial; el área intermedia es mayor en tamaño en relación al área central, es un área consolidada y en permanente cambio físico; el área periférica está en proceso de consolidación teniendo la mayor cantidad de población, se determinó de manera aleatoria quedando de la siguiente manera:

- Área urbana central se realizaron 300 encuestas siendo el 10% del total.
- Área urbana intermedia se realizaron 900 encuestas siendo el 30%.
- Área urbana periférica se realizaron 1800 encuestas siendo el 60%.

La investigación incluyó siete preguntas de manera directa sobre cómo había construido su vivienda y sobre las personas encargadas de concebir y dirigir las obras de edificación. Para evitar errores y sesgos la encuesta fue aplicada por estudiantes de VII semestre de arquitectura que fueron capacitados sobre los conceptos contenidos en las preguntas.

REVISION DE LITERATURA.- Los modelos que se utilizan generalmente para estimación de la vulnerabilidad dentro de la construcción de las funciones de vulnerabilidad y matrices de probabilidad de daño es el planteado por Maldonado et al. (2007) y descrito en UIS-Alcaldía Floridablanca (2006), que se definió a partir del método del índice de vulnerabilidad propuesto por Benedetti y Petrini (1984); el cual ha sido aplicado en ciudades diferentes a

las italianas, tales como Barcelona (España) (Yépez, 1996 y Mena, 2002), Cuenca (Ecuador) (Jiménez, 2002), Concepción (Chile) (Gent et al., 2005) entre otras.

Los modelos propuestos cuantifican la vulnerabilidad sísmica de edificaciones en función de once (11) parámetros que representan la predisposición de una edificación a sufrir daño debido a un evento sísmico. Los parámetros que se encuentran en el modelo son referidos a:

1. Sistema estructural,
2. Calidad del sistema resistente,
3. Resistencia estructural,
4. Posición de la cimentación,
5. Suelo y pendiente del terreno,
6. Diafragmas horizontales,
7. Configuración en planta,
8. Configuración en elevación,
9. Distancia máxima entre muros,
10. Tipo de cubierta,
11. Estado de conservación de la edificación.

Cada parámetro, a su vez, se encuentra dividido en tres a cuatro clasificaciones a las cuales se les asocia un grado de vulnerabilidad diferente entre A (nada vulnerable) y D (muy vulnerable). Por ejemplo; en lo referente al primer parámetro, Sistema estructural, la clasificación es la siguiente:

A Edificación en mampostería confinada en todas las plantas.

B Edificación en mampostería que no posee vigas de confinamiento en alguna de las plantas o no cuenta con columnas de confinamiento en los pisos superiores.

C Edificación en mampostería que no posee columnas de confinamiento en el primer piso o en ninguna de las plantas.

D Edificación en mampostería que no posee vigas y columnas de confinamiento en ninguna de las plantas.

Como se puede apreciar en esta propuesta no se consideran los aspectos cualitativo como la mano de obra

RESULTADOS

El grado de instrucción de los propietarios muestra que solo un 28.97% tiene estudios superiores lo que hace suponer que existe un alto grado de desconocimiento sobre normas y reglamentos.

Tabla 1. Nivel De instrucción.

| GRADO DE INSTRUCCIÓN | | |
|----------------------|----------|--------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | % |
| SIN INSTRUCCION | 402.00 | 13.40 |
| PRIMARIA | 645.00 | 21.50 |
| SECUNDARIA | 1084.00 | 36.13 |
| SUPERIOR | 869.00 | 28.97 |
| TOTAL | 3000.00 | 100.00 |

Sobre el ingreso familiar se muestra que solo un 14.50 % supera los ingresos de S/. 1600,00 lo que nos permite interpretar el grado de dificultad para sostener los gastos de una edificación

Tabla 2. Nivel De Calificación De La Capacidad Adquisitiva.

| INGRESO FAMILIAR MENSUAL | | |
|---------------------------------|-----------------|----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | % |
| MENOS DE 600 | 935.00 | 31.17 |
| 600 A 1000 | 1217.00 | 40.57 |
| 1100 A 1500 | 413.00 | 13.77 |
| 1600 A MAS | 435.00 | 14.50 |
| TOTAL | 3000.00 | 100.00 |

Sobre el sistema constructivo se muestra que un 86.67% construyo su vivienda bajo los sistemas constructivos portantes y mixtos siendo estos procesos que requieren un nivel mayor de calificación técnica para su concepción y ejecución

Tabla 3. Grado De Dificultad Para La Construcción

| SISTEMA CONSTRUCTIVO | | |
|-----------------------------|-----------------|----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | % |
| APORTICADO | 400.00 | 13.33 |
| PORTANTE | 1326.00 | 44.20 |
| MIXTO | 1274.00 | 42.47 |
| OTROS | 0.00 | 0.00 |
| TOTAL | 3000.00 | 100.00 |

A la pregunta ¿si encargo la elaboración de planos? Los resultados muestran que existe un interés en saber cómo quedaría su vivienda del total de la muestra observada el 75.80% que corresponde a 2274 de los encuestados encargo el diseño de su vivienda a alguna persona profesional o *no*.

Del grupo que encargo su diseño a alguna persona, se encontró que solo el 20.70% tuvo un proyecto desarrollado por profesionales

Tabla 4. Nivel De Calificación del Recurso Humano Interviniente en la concepción del proyecto de edificación de vivienda.

| A QUIEN ENCARGO LA ELABORACION DE SUS PLANOS | | |
|---|-----------------|----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | % |
| ARQUITECTO | 204.00 | 6.80 |
| ING.CIVIL | 417.00 | 13.90 |
| MAESTRO DE OBRA | 1453.00 | 48.43 |
| ESTUDIANTE DE ARQ. O CIVIL | 543.00 | 18.10 |

| | | |
|----------------------------|---------|--------|
| DIBUJANTE | 247.00 | 8.23 |
| LO HISO USTED MISMO | 136.00 | 4.53 |
| TOTAL | 3000.00 | 100.00 |

Con la pregunta - ¿Sus planos están firmados por profesional? - se determinó que los planos de obra fueron firmados por un profesional en 77.84% de los casos analizados y que el 22.16% no fueron firmados.

Tabla 5. Nivel De Legalidad De Los Proyectos.

| LOS PLANOS ESTAN FIRMADOS POR PROFESIONAL | | |
|--|-----------------|----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | % |
| SI | 2335 | 77.84 |
| NO | 665 | 22.16 |
| TOTAL | 3000.00 | 100.00 |

A la pregunta ¿su casa se construyó por etapas? Se obtuvo que el 94.23% del total de la muestra respondió que sí.

Tabla 1. Nivel Etapabilidad Del Proyecto.

| SU CASA SE CONSTRUYO EN ETAPAS | | |
|---------------------------------------|-----------------|----------|
| DESCRIPCION | CANTIDAD | % |
| SI | 2827.00 | 94.23 |
| NO | 173.00 | 5.77 |

| | | |
|--------------|---------|--------|
| TOTAL | 3000.00 | 100.00 |
|--------------|---------|--------|

De quienes construyeron su vivienda por etapas el 54.95% que corresponde a 1648 encuestados cambió de maestro durante el proceso de construcción y 1352 (45.05%) empleó a un solo maestro.

DISCUSIÓN.- La situación de los procesos edificatorios en la ciudad de Puno es grave si se toma en cuenta que se trata de proyectos que no cuentan con una planificación edificatoria respaldada en estudios técnicos, por ello es de esperar que estas edificaciones no cumplirán los requisitos que exige el Reglamento Nacional de Edificaciones (Ministerio de Vivienda Construcción, 2006.) y las normas del buen construir.

Si bien la mayor parte de la población encuestada (75.80%) valora la importancia de contar con instrumentos técnicos para la construcción de su vivienda, se ha puesto en evidencia que un porcentaje de proyectos de edificación (22.80%) fueron firmados por profesionales que no elaboraron el proyecto lo que muestra falta de ética en el ejercicio de la profesión. Esto requeriría de estrategias de control a partir de los colegios profesionales, del mismo modo que deberían implementar acciones para hacer conocer la labor de los profesionales de la arquitectura y la construcción y las garantías de contar con documentación técnica profesional que respalde la calidad del diseño de su edificación, así como ventajas de contratar los servicios profesionales en la ejecución de obra. Los sistemas de control del ejercicio profesional deben ser drásticos con los arquitectos (Colegio de Arquitectos del Perú, 2006) e ingenieros civiles que incurran en actos contra la ética en el ejercicio de la profesión. Los profesionales de la arquitectura y la construcción parecen no haber sabido captar y atender la demanda de técnicos por lo que la población utiliza otras alternativas ajenas a lo profesional.

Otro aspecto que presenta la actividad edificatoria de viviendas en la ciudad de Puno es el bajo nivel de capacitación de las personas encargadas de dirigir la ejecución de las construcciones que en 49,8% de los casos son dirigidas por personas no calificadas ya sea por mano de obra empírica o por dibujantes, en el mismo sentido tan solo el 19% contó con la presencia de profesionales de la construcción en su ejecución; estos datos ratifican lo expresado por Nadal que indica que en el Perú el 70% de la ejecución de obras de edificación se realiza de manera informal (Sota Nadal, 2010). En el caso de Puno la informalidad en la ejecución de obras de edificación llegaría a 80% con lo que queda validada la hipótesis planteada en la investigación.

A lo antes descrito se suma el hecho de que Si una vivienda se construye por empíricos en la construcción, por etapas y más aún se cambia de maestro de obra en dos o más etapas es de esperar que se tengan cambios no estudiados que a su vez influyan en deficiencias arquitectónicas e incluso estructurales que deben ser estudiadas (Ramírez, Lewenstein, 2007) Es necesario realizar investigaciones complementarias sobre los errores de construcción que sean de mayor frecuencia en las edificaciones residenciales de la ciudad de Puno.

El nivel de vulnerabilidad de las edificaciones se incrementa por una mala ejecución de la obra este hecho es notorio en las viviendas que no contaron con una dirección profesional y una mano de obra calificada tanto es su etapa de concepción como durante la ejecución del proyecto de edificación (Blondet, Loaiza 2001)

Bibliografía

- Sala situacional de salud ministerio de salud informe al 14 de setiembre del 2007 (ftp://ftp2.minsa.gob.pe/descargas/Especiales/2007/unidos/informe6set/Informe_21_setiembre.pdf)
- PLAN DE RECONSTRUCCIÓN TERREMOTO Y MAREMOTO DEL 27 DE FEBRERO DE 2010 RESUMEN EJECUTIVO 27 de agosto de 2010 (<http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/pdf/plan-reconstruccion-resumen-ejecutivo.pdf>)

- Sota Nadal, Javier. Aproximaciones a la enseñanza de Arquitectura en el Perú .En: Revista Exágono, Julio, Año2, N°9. Ed. CAP. Lima 2010. pp.21-26.
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento. Reglamento Nacional de Edificaciones. En: Diario oficial el Peruano del 8 de junio del 2006. Ed. Perú. Lima
- M. Blondet y C. Loaiza. Vulnerabilidad Sísmica de las Construcciones de Vivienda en Lima: Informe Preliminar. Libro de ponencias del I *SEMINARIO INTERNACIONAL de ingeniería civil: TOMO II GEOTECNIA Y SISMOResistencia. Arequipa 2001.*
- Colegio de Arquitectos del Perú. Código de Ética del Colegio de Arquitectos del Perú. Lima, 2007. En: <http://www.cap.org.pe/contenido.php?ref=OA==>
- Colegio de Ingenieros del Perú. Código de ética del CIP. Aprobado en la III sesión Ordinaria del Congreso Nacional de Consejos Departamentales del periodo 1998-1999. Tacna, 1999. En: <http://www.cip.org.pe/Cvista/publicaciones/documentos/cetica.pdf>
- Ramírez de Alba, H., Pichardo Lewenstein, B. y Arzate Cruz, S. P. (2007). Estimación de la vulnerabilidad sísmica de viviendas en zonas urbanas . Ingeniería, Revista Académica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Yucatán. N° 11, Año 1, pp.13-23.